Chapitre I: L'APPAREIL CIRCULATOIRE

GENERALITES ET DEFINITIONS
DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE
STRUCTURE HISTOLOGIQUE

Le cœur

La paroi cardiaque

A-L'endocarde

B-Le myocarde

C-Le péricarde

La vascularisation et l'innervation du cœur

Les vaisseaux

Les vaisseaux sanguins

A-Les artères

B-Les veines

C-Les capillaires

Les vaisseaux lymphatiques

GENERALITES ET DEFINITIONS

L'appareil ou système circulatoire est l'ensemble des structures, destiné à véhiculer le sang et la lymphe dans tout l'organisme. Il est constitué d'un ensemble de canaux ou vaisseaux disposés en circuit fermé, assurant la propulsion du sang et de la lymphe à travers tout le corps. Il a une fonction motrice lui permettant le transport et la distribution des nutriments et du dioxygène vers les organes et tissus, le rejet des déchets et du dioxyde de carbone et les échanges gazeux.

L'appareil circulatoire comporte:

1-L'appareil circulatoire sanguin ou cardio-vasculaire qui fonctionne de façon autonome et permanente. Il contient le sang dont le flux est maintenu par le cœur (pompe cardiaque).

Il comprend: le cœur, les artères, les veines et les capillaires.

2-L'appareil circulatoire lymphatique qui comprend les vaisseaux lymphatiques.

La circulation sanguine: Il existe 2 types de circulations sanguines:

-La circulation pulmonaire (petite circulation) concernant le cœur et les poumons.

-La circulation systémique (grande circulation) qui se fait partout dans le corps.

La circulation du sang dans l'organisme se fait en double sens grâce à la structure du cœur; la partie droite est le moteur de la circulation pulmonaire et la partie gauche est le moteur de la circulation systémique.

+La circulation pulmonaire: le sang appauvri en dioxygène, en provenance des tissus et organes, arrive au cœur droit par les veines caves inférieure et supérieure dans l'oreillette droite, propulsé dans le ventricule droit et évacué par les artères pulmonaires vers les poumons; là, il se charge en dioxygène, il ressort par les veines pulmonaires qui le ramènent dans l'oreillette gauche.

+La circulation systémique: le sang riche en dioxygène, venant des poumons pénètre dans le cœur gauche et ressort par l'aorte qui le distribue aux organes. Cette artère principale se ramifie progressivement (arbre artériel), se transformant en une infinité d'artérioles, lesquelles se ramifient à leur tour, à l'entrée des organes, devenant des capillaires à l'intérieur. Au sein des organes, le sang échange le dioxygène et les nutriments contre le dioxyde de carbone et les déchets. Le sang appauvri en oxygène revient au cœur par les veinules grossissant en veines, puis en veines caves qui reviennent vers le cœur droit, dans l'oreillette droite , puis le ventricule droit; ensuite dans les artères pulmonaires et les poumons où il sera réoxygéné et ramené par les veines pulmonaires dans l'oreillette gauche, puis le ventricule gauche et, de là, à travers l'aorte et ses branches, renvoyé vers les organes; ainsi de suite, de façon continue et permanente, ce cycle vital se répète à l'infini; son arrêt provoque la mort par anoxie tissulaire.

La circulation lymphatique: la lymphe circule dans des vaisseaux lymphatiques; les capillaires drainent la lymphe et s'abouchent aux vaisseaux lymphatiques collecteurs sur lesquels sont disposés des ganglions lymphatiques. La lymphe est conduite et déversée dans la circulation veineuse; sa circulation est beaucoup plus lente que celle du sang; elle est activée grâce à la respiration et aux mouvements des muscles .

N.KHENDEK

DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

L'ensemble de l'appareil cardio-vasculaire se développe à partir du mésoblaste intra et extra-embryonnaire (embryon de moins de 5 mm). Les premiers vaisseaux apparaissent au 18ème jour du développement sous forme de cellules mésenchymateuses: "les ilots vasculo-sanguins primitifs" ou " ilots angio-formateurs", dits: "ilots de Wolff et Pander" qui se creusent d'une lumière; les cellules centrales s'isolent les unes des autres et se mettent à fabriquer la 1ère lignée sanguine (la future lignée érythrocytaire); elles donnent " des hémangioblastes ou hémoblastes", correspondant à des hématies nucléés, à l'origine des hématies anucléées. Par contre, les cellules périphériques: "les angioblastes" se rapprochent et s'insèrent les unes aux autres pour former les 1ères cellules endothéliales, à l'origine des tuniques internes des vaisseaux et du cœur.

1-Mise en place du cœur primitif et des vaisseaux primitifs:

Les ébauches vasculaires prennent naissance un peu partout dans le mésoblaste extra et intra- embryonnaire, dans la vésicule vitelline, le pédicule de fixation (futur cordon ombilical) et de la lame choriale; en parallèle, du côté intra-embryonnaire, les vaisseaux primitifs apparaissent au niveau de la splanchnopleure, du mésoblaste para-axial et céphalique, au niveau d'une zone en fer à cheval: "la zone ou l'aire cardiogène ou cardiaque".

La formation du cœur embryonnaire commence par l'apparition de 2 tubes cardiaques primitifs: "les 2 tubes endocardiques " qui se mettent en place vers le 20 au 21èmejour du développement dans l'aire cardiaque; ils fusionnent et forment un tube impair: "le tube cardiaque primitif", vers le 22ème jour du développement qui présente une organisation: une lumière tapissée de cellules endothéliales dérivant des cellules angio-formatrices formant "l'endocarde primitif" autour duquel le mésoblaste voisin se différencie en "couche myo-épicardique" qui se différencie en "myocarde" dans sa partie profonde et en "épicarde" dans sa partie périphérique. Les cellules du myocarde primitif se transforment en "cardiomyocytes contractiles primitifs" qui vont commencer à se contracter de façon anarchique dans le tube cardiaque primitif qui est animé de contractions anarchiques, il se met à battre vers le 22ème jour . C'est le premier organe fonctionnel; à ce stade, le tube cardiaque primitif est formé: "du bulbe primitif, du ventricule primitif et de l'oreillette primitive".

Au 23ème jour du développement, une série de modifications provoquent l'inflexion du tube cardiaque, faisant apparaitre 5 dilatations: "le tronc artériel, le bulbe artériel, le ventricule primitif, l'oreillette primitive et le sinus veineux". Ensuite, une série de divisions le cloisonnant en 4 cavités: "les 2 oreillettes primitives et les 2 ventricules primitifs"; en parallèle, les voies artérielles se divisent vers le 28ème jour où aura lieu la mise en contact du cœur primitif avec les veines et les artères primitives.

2- Etapes du développement du système circulatoire:

Le développement embryonnaire de l'appareil circulatoire s'étale le long de la vie intra-utérine et se déroule en 3 étapes:

1) **La 1ère étape: la circulation embryonnaire** (durant la 4ème semaine) qui consiste en la mise en communication du tube cardiaque primitif avec les veines et les artères primitives, vers le 28ème jour.

2) **La 2ème étape: la circulation fœtale** correspondant à la mise en place du cœur à 4 cavités, et au fur et à mesure, de tous les vaisseaux jusqu'aux vaisseaux définitifs (s'étale de la fin du 1er mois jusqu'à la naissance).

3) **La 3ème étape: la circulation définitive** qui se met en place immédiatement à la naissance, résultant des modifications de pression induite par l'ouverture de la circulation pulmonaire et l'interruption de la circulation ombilicale.

STRUCTURE HISTOLOGIQUE

L'appareil cardio-vasculaire est formé par un système clos composé:

-du cœur, moteur central de la circulation sanguine ayant un rôle de propulsion.

-des vaisseaux dont le rôle est la distribution du sang, qui composent un ensemble de plus de 100 000 km de long à travers tout le corps; ils sont représentés par 3 grands types:

-Les artères: vaisseaux qui partent du cœur (vaisseaux efférents), qui véhiculent le sang du cœur vers les tissus.

-Les veines: vaisseaux qui arrivent au cœur (vaisseaux afférents), qui ramènent le sang des tissus vers le cœur.

-Les capillaires: disposés en réseaux; ils constituent un secteur d'échanges; ils relient entre elles les artères et les veines dans les organes. C'est donc au niveau de ces micro-vaisseaux que se font les échanges métaboliques et gazeux.

LE COEUR

Le cœur est un segment vasculaire épais et complexe, situé dans le médiastin. C'est un organe musculaire creux, à contraction rythmique et involontaire. C'est le seul muscle strié de l'organisme qui échappe au contrôle de la volonté (la régulation du rythme cardiaque est soumise au système nerveux végétatif involontaire). Il délivre en moyenne 5 litres de sang/min. Il est formé de 4 cavités: 2 oreillettes droite et gauche et 2 ventricules, également, droit et gauche, associés 2 à 2 donnant le cœur droit et le cœur gauche.

Les oreillettes communiquent avec les ventricules par les orifices auriculo-ventriculaires pourvus de valvules, l'une double (bicuspide ou mitrale) à gauche; l'autre triple (tricuspide) à droite.

La paroi cardiaque

Le cœur est bordé par une paroi contractile permettant la propulsion rythmique du sang dans les vaisseaux. Cette paroi comprend 3 couches et un squelette fibreux correspondant à la voie de cheminement des éléments vasculo-nerveux.

Ces 3 tuniques sont, de la cavité cardiaque vers la périphérie : l'endocarde, le myocarde et le péricarde.

A-L 'endocarde

L'endocarde tapisse l'ensemble des cavités cardiaques, ainsi que les cordages et les valvules cardiaques.

Examiné en microscopie optique (MO), on lui reconnait:

1-un endothélium simple formé d'une seule assise de cellules allongées, en continuité avec l'endothélium vasculaire des gros vaisseaux caves, pulmonaires et aortique. Cet endothélium repose sur une membrane basale.

2-une couche sous-endothéliale composée d'une lame conjonctive mince, renfermant des fibroblastes.

3-une couche musculo-élastique, d'épaisseur variable, formée:

- de fibres élastiques dans sa zone profonde
- et de fibres musculaires lisses dans sa zone externe, lesquelles sont responsables du tonus de l'endocarde.

4-une couche sous-endocardique assurant la jonction avec le myocarde, faite d'un tissu conjonctif lâche (lame conjonctive épaisse contenant des fibres élastiques et collagènes), qui renferme également: des adipocytes, des vaisseaux sanguins et des fibres nerveuses avec des cellules de Purkinje (quelques branches du système de conduction "tissu nodal" au niveau de la paroi ventriculaire).

***Les valvules** sont des replis de l'endocarde recouvrant une lame fibreuse axiale qui la rend déformable mais inextensible.

B-Le myocarde

Le myocarde ou muscle cardiaque constitue le substratum fondamental de la paroi cardiaque; c'est un muscle épais et creux, à contraction rythmique et involontaire; il est plus épais là où les pressions s'exercent le plus (dans les ventricules plus que dans les oreillettes et le ventricule gauche est plus épais que le ventricule droit car il propulse le sang dans tout l'organisme). Le cœur est formé d' un tissu musculaire strié constitué de cellules myocardiques ou "myocytes ou cardiomyocytes", groupés en faisceaux séparés par des cloisons conjonctives:" les cloisons inter-fasciculaires", lesquelles sont formées de tissu conjonctif lâche, richement vascularisé.

Le myocarde est organisé en travées anastomosées et solidarisées par leurs extrémités qui s'insèrent comme des rubans à l'anneau ou squelette fibreux", situé horizontalement. Il comporte 3 types cellulaires myocardiques: les cardiomyocytes contractiles, les cellules cardionectrices et les cellules myo-endocrines.

1-Les cardiomyocytes contractiles: La fonction de contraction cardiaque est liée aux cardiomyocytes contractiles, ce sont des cellules cylindriques dont les extrémités présentent des bifurcations grâce auxquelles elles entrent en connexion avec les cellules voisines.

Des dispositifs de jonction très particuliers assurent la cohésion de l'ensemble des cellules myocardiques, ils permettent, d'une part, la transmission d'une cellule à l'autre de la tension développée par la contraction des myofibrilles, et d'autre part, la diffusion rapide de l'excitation d'une cellule à l'autre à travers le cœur; ces dispositifs jonctionnels: "les traits scalariformes ou disques intercalaires", visibles en MO, sont formés en microscopie électronique (ME) de desmosomes, de zonula adherens et de jonctions communicantes permettant l'organisation des cardiomyocytes en fascicules anastomosés et solidarisés, formant un réseau tridimensionnel complexe.

2-Les cellules cardionectrices: La fonction de conduction cardiaque est liée aux cellules cardionectrices qui correspondent à des cardiomyocytes modifiés, qui constituent le système de conduction rapide et autonome du myocarde: "le système ou tissu nodal ou cardionecteur". L'automatisme et la coordination du myocarde entre les 4 cavités sont liés à l'existence de ce tissu cardiaque spécialisé dans l'initiation et la conduction de l'influx cardiaque au niveau du nœud auriculaire et auriculo-ventriculaire et au niveau des colonnes du faisceau de His et du réseau de Purkinje. Le tissu nodal est représenté par:

- le nœud sinusal (sino-auriculaire) de Keith et Flack, situé dans la paroi de l'oreillette droite au voisinage de la veine cave supérieure,
- le nœud auriculo-ventriculaire d'Aschoff-Tawara, situé du côté inférieur de la cloison inter auriculaire,
- le tronc du faisceau de His issu du nœud auriculo-ventriculaire; il traverse la cloison inter ventriculaire et se divise en 2 branches: "les branches droite et gauche du faisceau de His,"
- le réseau de Purkinje.

Examiné en MO, le tissu nodal est formé de 2 types de cellules cardionectrices:

1) les cellules nodales (cellules des nœuds), nettement plus petites que les cardiomyocytes.

2) les cellules de Purkinje, situées dans les branches du faisceau de His et dans le réseau de Purkinje: ce sont des cellules beaucoup plus volumineuses que les cardiomyocytes contractiles.

Les cellules cardionectrices sont responsables de l'initiation et la conduction de l'influx cardiaque. L'initiation de chaque battement cardiaque nait dans les cellules nodales du nœud sino-auriculaire qui est le chef d'orchestre « pace maker » de l'excitation cardiaque.

Le système nerveux autonome régule l'action du pacemaker sino-auriculaire, le système sympathique accélère la fréquence cardiaque tandis que le système parasympathique la ralentit.

3-Les cellules myo-endocrines : Les cellules myo-endocrines sont également des cardiomyocytes modifiés, pauvres en myofibrilles, dotés d'une fonction endocrine. Ces cellules contiennent de nombreux grains de sécrétion sphériques, denses en ME, disposés de part et d'autre du noyau. Ces vésicules contiennent surtout les peptides natri-urétiques types A et B (ANP et BNP).

L'ANP est secrété par les cellules myo-endocrines atriales et le BNP est secrété par les cellules myo-endocrines ventriculaires.

C-Le péricarde

Le péricarde comporte 2 feuillets séparés par une cavité: "la cavité péricardique":
-un feuillet viscéral ou "épicarde"
-un feuillet pariétal ou "péricarde proprement dit"

+ **Le feuillet viscéral** est formé par:
-un mésothélium: épithélium pavimenteux simple formé de cellules aplaties: reposant sur:
-**une couche sous-mésothéliale**: lame conjonctive riche en fibres élastiques.
-**une couche sous-épicardique** qui assure la jonction avec le myocarde, formée d'un tissu conjonctif lâche et de lobules adipeux avec quelques formations lymphoïdes. Cette couche renferme les vaisseaux coronaires et des fibres nerveuses.

+ **Le feuillet pariétal** comprend les mêmes éléments que le feuillet viscéral, en plus du sac fibro-adipeux péricardique (tissu conjonctif fibreux avec du tissu adipeux).

+**La cavité péricardique** joue un rôle de lubrifiant permettant le glissement des 2 feuillets pour éviter les frottements et la compression du cœur. Son inflammation cause la péricardite.

Vascularisation et innervation de la paroi cardiaque

+**La vascularisation** de la paroi cardiaque est spécifiquement organisée, elle se fait grâce aux vaisseaux coronaires; ainsi, les artères coronaires et leurs divisions cheminent au niveau de l'épicarde, et donnent au niveau du myocarde des branches perforantes à disposition perpendiculaire, lesquelles reprennent une orientation longitudinale(dans le sens des contingents musculaires) qui se distribuent en un réseau d'artérioles myocardiques terminales qui s'ouvrent sur les réseaux capillaires du muscle cardiaque. Le myocarde est l'un des tissus les plus vascularisés avec environ 1000 capillaires pour 1600 cardiomyocytes. Cette vascularisation est de type terminal (sans anastomoses ou avec anastomoses très rares).

NB: Dans beaucoup d'organes et tissus, les artères sont anastomosées avant d'atteindre les artérioles et les capillaires, mais dans d'autres, les artères sont terminales, c'est-à-dire non-anastomosées; c'est le cas du cœur, des reins, de la rate,… où l'obstruction d'un vaisseau entraîne un infarctus du territoire sous-jacent.

+**L'innervation** : Le cœur présente une double innervation:
-une innervation intrinsèque assurée par le tissu nodal.
-une innervation extrinsèque assurée par les nerfs cardiaques qui contrôlent et régulent l'automatisme cardiaque grâce aux systèmes sympathique (qui l'accélère) et parasympathique (qui le ralentit).

Les vaisseaux

Organisation générale d'un vaisseau

La structure générale de base d'un vaisseau correspond à une lumière centrale entourée par une paroi formée, de l'intérieur de la lumière vasculaire vers l'extérieur (à l'exception des capillaires), de 3 tuniques :

1-une tunique interne : **intima**
2-une tunique moyenne : **média**
3-une tunique externe : **adventice**.

Les vaisseaux sanguins

A-Les artères

Les artères ou conduits efférents assurent la circulation du sang entre le cœur et la périphérie (tous les tissus et organes). Les artères battent au rythme du cœur. Ce sont des conduits ramifiés (arbre artériel) qui augmentent en nombre et diminuent en calibre en s'éloignant du cœur (leur calibre décroit de l'aorte jusqu'aux artérioles).

La structure de la paroi artérielle dépendra de la localisation de l'artère par rapport au cœur. Toutefois, et quel que soit sa localisation, on retrouve des structures histologiques de conduction et de conservation de la pression sanguine (fibres et lames élastiques et fibres musculaires lisses). Selon leur calibre (épaisseur) et leur structure, on distingue plusieurs types d'artères

1-Les artères de type élastique: artères de gros calibre, situés près du cœur, assurant la propulsion du sang.
2-Les artères de type musculaire: artères de moyen calibre, assurant la distribution du sang.
3-Les artérioles: artères de petit calibre, de type musculaire, pénétrant dans les organes.

I-Les artères de type élastique

Ces artères reçoivent le sang du cœur à haute pression, elles assurent la propulsion du sang, ex : aorte, tronc brachio-céphalique, carotides, artères sous-clavières et pulmonaires. Leur diamètre est compris entre 1 cm et 2cm, pouvant atteindre 2,5 cm pour l'aorte.
Observée en microscopie optique (MO) sur une coupe transversale, la paroi d'une artère de type élastique présente, de la lumière vasculaire vers la périphérie, les 3 tuniques suivantes:

1) l'intima, assez épaisse formée:
+ d'un endothélium caractérisé par 1 seule assise de cellules polygonales, allongées selon l'axe vasculaire.

+ "d'une endartère" constituée:

-"d'une couche sous-endothéliale" mince, ,formée d'un réticulum conjonctif (tissu conjonctif avec des fibres de réticuline), de rares fibres musculaires lisses:« les cellules myo-intimales » et éventuellement de macrophages.

-"d'une lame élastique interne", peu distincte des lames élastiques de la média.

2) la média est formée:

- de plusieurs lames élastiques concentriques, séparées par des espaces occupés par des fibres de collagène et par quelques fibres musculaires lisses disposées en faisceaux.

NB: "La lame élastique externe" est pratiquement indécelable, elle est très mal individualisée.

3) l'adventice est formée d'un tissu conjonctif lâche contenant quelques fibres élastiques, parfois de rares fibres de collagène et de réticuline, de rares fibres musculaires lisses,

- de petits vaisseaux sanguins nourriciers: "les vasa-vasorum"
- et des fibres nerveuses: "les nervi-vasorum ".

II-Les artères de type musculaire

Ce sont des artères de distribution, de plus petit calibre que les artères élastiques, ce sont les artères les plus nombreuses, correspondent aux ramifications des troncs artériels précédents, ex : artères des membres et des viscères: tibiales, fémorales, coronaires, cerebrales…. (de 1mm à 1 cm de diamètre).

1) une intima moins épaisse que celle de l'artère élastique, formée:

+ d'un endothélium formé d'une seule assise de cellules allongées selon l'axe vasculaire.

+ d'une endartère caractérisée par la présence :

- d'une couche sous- endothéliale, mince, renfermant des fibres élastiques.

-d'une limitante élastique interne :lame épaisse formée de grosses fibres élastiques disposées en 2 ou 3 strates**.**

2) une média, tunique épaisse comportant plusieurs couches de fibres musculaires lisses formant une gaine compacte, avec quelques fibres élastiques et de rares fibres de collagène.

-une lame élastique externe formée de plusieurs lames de fibres élastiques qui se condensent entre la média et l'adventice.

3) l'adventice formée d'un tissu conjonctif lâche, sans particularités, avec des vasa-vasorum et des nervi-vasorum.

NB: Les artères de transition:

Ces artères marquent le passage d'une artère élastique à l'artère musculaire qui peut se faire:

-Soit, de façon progressive, c'est le cas de l'artère sous-clavière.

-Soit, sans transition, c'est le cas du tronc cœliaque.

***Cas particulier: "Les artères à dispositif de bloc ou à coussinet"**: ces artères comportent des renforcements sous forme de faisceaux musculaires au niveau de leur paroi qui en se contractant entrainent une occlusion partielle ou totale de leur lumière. On rencontre ce type d'artères au niveau de l'appareil génital (tissu érectile), en particulier.

La vascularisation et l'innervation des artères

Vascularisation: La nutrition de la paroi artérielle est bipolaire; elle est assurée par les vasa-vasorum et le sang circulant.

Les artères de calibre supérieur à 1mm reçoivent des vaisseaux nourriciers qui se ramifient et se distribuent à l'adventice et au 2/3 externe de la média. Le 1/3 interne de la média et l'intima sont nourris par diffusion, à partir du sang intra-luminal.

Innervation: Les nerfs des artères cheminent dans l'adventice; les fibres orthosympathiques vasomotrices prédominent au niveau des parois artérielles avec parfois des fibres vasodilatatrices. Dans certaines artères, on retrouve de plus quelques fibres parasympathiques.

III-Les artérioles

Les artérioles sont des vaisseaux de résistance ; ce sont des branches artérielles dont le diamètre est inférieur à 1 mm, (compris en général, entre 0, 4mm et 1mm); ce sont des vaisseaux de résistance.

Examinées en MO, les artérioles présentent une paroi formé:

1) d'une intima mince, pratiquement réduite à un endothélium aplati, reposant sur une membrane basale,

- une limitante élastique interne présente uniquement dans les artérioles les plus volumineuses; elle est, cependant, fragmentaire chez les moyennes artérioles et presque inexistante chez les plus petites.

2) la média est mince, elle est réduite à quelques couches de fibres musculaires lisses (2 à 3).

3) l'adventice est également mince avec un riche réseau de fibres collagènes.

NB: L'adventice des grosses artérioles est pourvue des vasa-vasorum.

***Les artérioles terminales et les métartérioles (segments pré-capillaires):**

La paroi des artérioles terminales et des métartérioles (ou segments pré-capillaires) examinée en MO, présente:

1) une intima , au niveau de laquelle la limitante élastique interne a disparu.

- Les cellules endothéliales envoient des protrusions qui s'insinuent entre les cellules musculaires lisses de la média, formant ainsi des zones de "jonctions myo-endothéliales".

2) une média réduite à 1 ou rarement 2 couches.
3) l' adventice est mince, elle est réduite à quelques fibroblastes. Les fibres nerveuses offrent des terminaisons qui s'insinuent entre les cellules musculaires lisses de la média, formant ainsi, des zones de "jonctions myo-neurales ".
NB : Au niveau de la paroi des segments pré-capillaires, les zones de jonction myo-endothéliales et myo-neurales sont de plus en plus nombreuses donnant naissance à un dispositif musculo-endothélial dit: " sphincter pré-capillaire".

B-Les veines

Ce sont les vaisseaux qui ramènent le sang des organes vers le cœur; véhiculant le sang sous faible pression et à vitesse relativement réduite. Ce sont des vaisseaux réservoirs de grande capacité naissant du lit capillaire par les veinules post-capillaires. Leur lumière est plus large et irrégulière (festonnée); leur calibre est toujours supérieur à celui des artères correspondantes; et le volume sanguin du lit veineux est supérieur à celui du lit artériel, il représente 70% du volume sanguin. Les parois des veines sont plus minces que celles des artères.

I-Structure générale d'une veine

Observée en MO, la paroi veineuse offre à décrire les 3 tuniques suivantes :

1) une intima caractérisée par:
+ un endothélium formé d' 1 seule assise de petites cellules polygonales reposant sur une lame basale.
+ **une endoveine** fine, réduite à:
-une couche sous-endothéliale formée d'un tissu conjonctif lâche qui peut se terminer extérieurement par :
-une limitante élastique interne moins évidente que dans les artères correspondantes.

2) une média qui varie suivant le calibre de la veine, mais elle est toujours riche en tissu fibreux avec quelques fibres élastiques et des cellules musculaires lisses circulaires.
En périphérie, la limitante élastique externe est peu apparente ou inexistante.

3) une adventice assez épaisse, souvent plus épaisse que la média, formée de forts trousseaux collagènes longitudinaux, de fibres élastiques, parfois de fibres musculaires longitudinales, de vasa-vasorum et de nervi-vasorum.

II-Classification des veines

On distingue différents types de veines suivant leur taille, leur structure pariétale (surtout l'aspect de la média) et en fonction de leur topographie par rapport au cœur.

a-Suivant la taille, on distingue:

1-Les veinules: Ce sont les segments réunissant le réseau capillaire aux veines musclées. Leur diamètre est inférieur à 1mm. Leur paroi, fine, est d'abord proche de celle des capillaires, comprenant l'endothélium et une couche conjonctivo-élastique ; apparaissent ensuite quelques fibres musculaires lisses et enfin un réseau de fibres élastiques. La paroi veinulaire est mal individualisée.

2-Les veines de moyen calibre: leur diamètre va de 1 mm à 1cm. Elles correspondent à la majorité des veines de distribution. A leur niveau apparaît la limitante élastique interne.

3-Les grosses veines : leur diamètre dépasse 1 cm .Les 3 tuniques s'épaississent et la limitante élastique externe est distinguable. L'adventice contient des faisceaux de fibres musculaires longitudinales et un réseau de fibres élastiques.

***Les valvules veineuses:** Les veines de la partie inférieure du corps sont pourvues de valvules disposées par paires constituées de replis de l'intima et de quelques fibres musculaires lisses de la média; elles sont orientées perpendiculairement à l'axe vasculaire; elles empêchent le reflux du sang. Les valvules ne sont pas vascularisées, elles sont nourries par imbibition.
On les trouve au niveau des veines dont le diamètre est supérieur à 2mm.

b-en fonction de la structure pariétale, on distingue 3 variétés de veines:

1-Les veines fibreuses : leur paroi présente une intima renforcée par une couche conjonctivo-fibreuse ; c'est le cas des veines intracrâniennes (les veines de la dure-mère, les veines méningées, les veines intracérébrales, les veines cérébelleuses).

2-Les veines fibro-élastiques: leur intima est renforcée par des lames élastiques et des faisceaux collagènes; c'est le cas des veines supra-cardiaques (veines jugulaires) et l'adventice est riche en fibres élastiques.

3-Les veines musculaires (veines musclées): les plus répandues. La média est riche en fibres musculaires
. On en distingue 2 types:
-les veines musculaires lisses, avec une musculature lisse au niveau de la média, ce sont les plus nombreuses, elles constituent le secteur le plus étendu du système veineux.
-les veines musculaires striées, avec une musculature striée de type cardiaque au niveau de l'adventice, elles constituent le segment juxta-cardiaque des segments terminaux des veines caves et des veines pulmonaires.

C-en fonction de leur topographie par rapport au cœur, leur rôle physiologique et leur structure, on distingue 2 catégories:

1-Les veines réceptives supra-cardiaques qui comportent:
-les veines fibreuses
-et les veines fibro-élastiques.

2-Les veines propulsives assurant le retour du sang contre la pesanteur, elles regroupent la majorité des veines musclées:
-les veines fibro-musculaires à prédominance collagène (veines profondes du bras),
-les veines musculaires (veines des membres inférieurs),
-les veines hyper-musculaires formant de véritables sphincters (veines sus-hépatiques),
-les veines à musculature cardiaque (segment juxta-cardiaque des veines caves et des veines pulmonaires).

NB: La nutrition des veines s'effectue surtout par les vasa vasorum qui sont beaucoup plus nombreux que dans les artères.

C-Les capillaires

Les capillaires sanguins sont des segments vasculaires grêles, de calibre microscopique (micro-vaisseaux), de diamètre allant de 4 µm à 10 µm. Ils sont anastomosés entre eux.; ils forment des réseaux capillaires très denses.

Les capillaires sont le siège des échanges entre le sang et les tissus; ils assurent essentiellement un rôle nourricier. Ils présentent une surface de 700m². La densité du réseau capillaire est variable suivant les tissus et organes. Certains tissus sont dépourvus de capillaires, comme: les épithéliums de revêtement (à l'exception de l'épithélium olfactif embryonnaire et de l'oreille interne). Par contre, le réseau capillaire est très dense au niveau du myocarde, des alvéoles pulmonaires et des glandes endocrines.

I-Structure histologique

a-Structure en microscopie optique (MO): Examinée en MO, la paroi capillaire est très fine, elle est constituée:

-d'un endothélium: formé d'une fine couche de cellules endothéliales aplaties, reposant sur une lame basale, plus ou moins continue, et qui peut être absente.

-une couche sous-endothéliale, très fine, comprenant quelques fibres conjonctives et des cellules particulières: "les péricytes ", cellules mésenchymateuses avec certains caractères des myocytes (microfilaments), et certains caractères des fibroblastes de forme étoilée, qui élaborent la substance conjonctive.

b-Structure en microscopie électronique (ME): L'étude de l'ultrastructure de l'endothélium et de la lame basale a permis une classification plus précise des capillaires. On distingue ainsi 3 types principaux de capillaires: les capillaires continus, les capillaires fenêtrés et les capillaires sinusoïdes.

1-Les capillaires continus: les plus répandus. Ils sont caractérisés par:

-un endothélium formé de cellules endothéliales aplaties et jointives par des jonctions d'adhésion de type zonula adherens et étanches de type zonula occludens (dans le tissu nerveux). Leur cytoplasme est pauvre en organites, mais riche en vésicules de pinocytose, assurant le transport des liquides, des micromolécules qui peuvent fusionner et former de petits canaux trans-endothéliaux transitoires.

-une lame (membrane) basale: également continue, de nature muco polysaccharidique, extérieurement doublée par des fibres de réticuline, constituant un élément de résistance de la paroi capillaire**.**

-des péricytes nombreux et logés dans le dédoublement de la lame basale.

+Ces capillaires sont fréquemment localisés au niveau des muscles squelettiques, des muqueuses du tube digestif, des poumons, du thymus, du cerveau, dans la peau, etc..

2-Les capillaires fenêtrés: Ils sont caractérisés par:

-un endothélium présentant des pores ou fenestrations, qui sont, soit ouverts, permettent le passage rapide des liquides et des grosses molécules, soit obturés par un diaphragme mince comportant des micro-perforations, perméables aux liquides et aux petites molécules.

-une lame basale continue.

-les péricytes sont peu nombreux ou absents.

+ Ces capillaires s'observent essentiellement dans les tissus où les échanges de liquides et de molécules sont importants : les intestins, les reins, les glandes endocrines, etc...

3-Les capillaires discontinus ou sinusoïdes: de diamètre grand et irrégulier.Ils sont caractérisés par:

-un endothélium avec des cellules non jointives qui ménagent entre elles des ouvertures par où peuvent passer des cellules entières (diapédèse), autorisant ainsi le passage facile des éléments figurés du sang.

-**une membrane basale** discontinue ou absente (foie).

-les péricytes sont absents.

+ On les rencontre dans le foie, les organes hématopoïétiques: la rate, la moelle osseuse, etc..

II-Organisation des réseaux capillaires

Les capillaires forment des réseaux qui sont placés entre des artérioles et des veinules.

On distingue deux grandes variétés de capillaires qui se différencient par leur structure et leur fonction:

a-Les capillaires typiques représentés par:

1) les capillaires directs ou de jonction qui prolongent directement les artérioles qui leur donnent naissance et se continuent par une veinule. Leur lumière est régulière, relativement large;

- ils assurent une circulation permanente entre artérioles et veinules.

2) les capillaires vrais ou nutritifs qui naissent de l'artériole ou du capillaire de jonction. Ils sont souvent engainés par un sphincter pré-capillaire. Ils présentent une lumière irrégulière, étroite du côté artériolaire, qui va en s'élargissant vers la veinule;

- ils sont le siège d'une circulation intermittente, interrompue par la contraction des sphincters pré-capillaires.

b-Les capillaires atypiques, représentés par:

1) les capillaires embryonnaires, à paroi syncytiale.

2) les capillaires sinusoïdes, à paroi discontinue.

III-Classification des réseaux capillaires

En fonction de leur situation dans les territoires vasculaires artériel et veineux, les réseaux capillaires se classent en 3 catégories:

1-Le réseau capillaire proprement dit, le plus courant, intercalé entre une artériole et une veinule. Ex: le réseau capillaire pulmonaire.

2-Le réseau porte-artériel ou système porte artériel correspondant à un réseau « artériel /artériel », intercalé entre une artériole afférente et une artériole efférente. Ex: le glomérule de Malpighi du rein.

3-Le réseau porte-veineux correspondant au réseau « veineux /veineux », intercalé entre une veinule afférente et une veinule efférente. Ex: le réseau porte hépatique entre la veine centro-lobulaire et la veine porte.

Histophysiologie:

L'endothélium capillaire joue un rôle de barrière à perméabilité sélective. Les échanges peuvent se faire différemment :

-par diffusion passive cytoplasmique (gaz, ions…),

-par transport intracellulaire par pinocytose (protéines, lipides)

-et par l'espace intercellulaire pour le passage des cellules migratrices (diapédèse).

Les vaisseaux lymphatiques

La lymphe circule dans les vaisseaux lymphatiques grâce aux mouvements du diaphragme, du corps, de la vasodilatation et de la vasoconstriction des veines et des artères.

NB: Certains tissus et organes sont dépourvus de vaisseaux lymphatiques, il s'agit des épithéliums, du cartilage, de la moelle osseuse, de la rate, du système nerveux central et du placenta.

Les vaisseaux lymphatiques sont classés selon leur calibre croissant en capillaires, veinules, veines (ou troncules) et troncs lymphatiques.

1-Les capillaires lymphatiques formés d'un simple endothélium.

2-Les veinules lymphatiques présentent une paroi mince est constituée d'une fine couche fibro-élastique.

3-Les veines ou troncules lymphatiques présentent une paroi formée:

- d'une intima avec endothélium ordinaire,
- d'une média sous forme d'une gaine musculo-élastique,
- et de l'adventice qui est conjonctivo-élastique.

4-Les troncs lymphatiques débouchent dans les veines sous-clavières, ils présentent une paroi épaisse; les 3 tuniques habituelles sont plus ou moins bien individualisées avec:

-une intima ordinaire,

- une média conjonctivo-musculaire
- et l'adventice qui est conjonctivo-élastique.

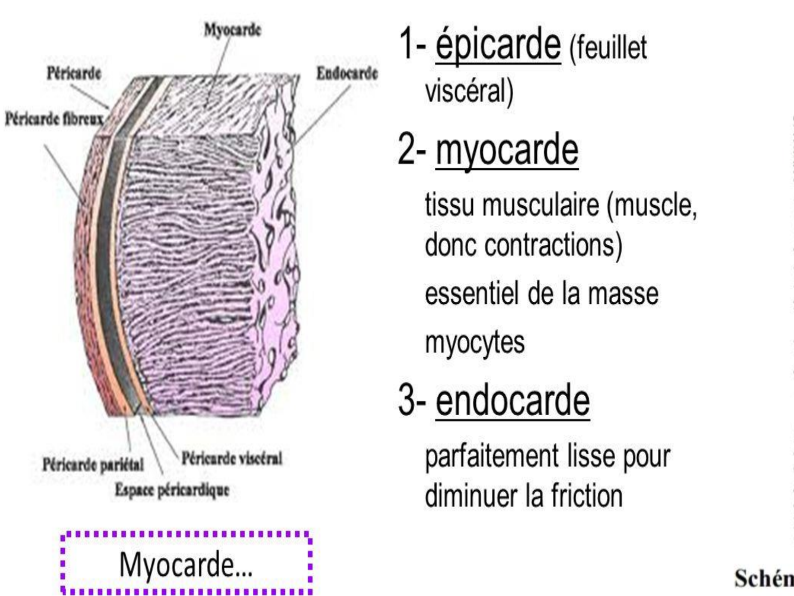
Veine cave supérieure
Capillaires de la tête et des membres supérieurs
Artère pulmonaire droite
Artère pulmonaire gauche
Capillaires du poumon droit
Aorte
Capillaires du poumon gauche
Veines pulmonaires droites
Veines pulmonaires gauches
Oreillette droite
Oreillette gauche
Ventricule droit
Ventricule gauche
Veine cave inférieure
Aorte et ses ramifications
Capillaires des organes abdominaux et des membres inférieurs
Campbell et Reece, 2007

Développement de l'appareil vasculaire

Endoblaste
mésoblaste
îlot sanguin
cellule endothéliale
lumière du vaisseau
hémoblaste

Formation des vaisseaux sanguins

Paroi du cœur – 3 tuniques



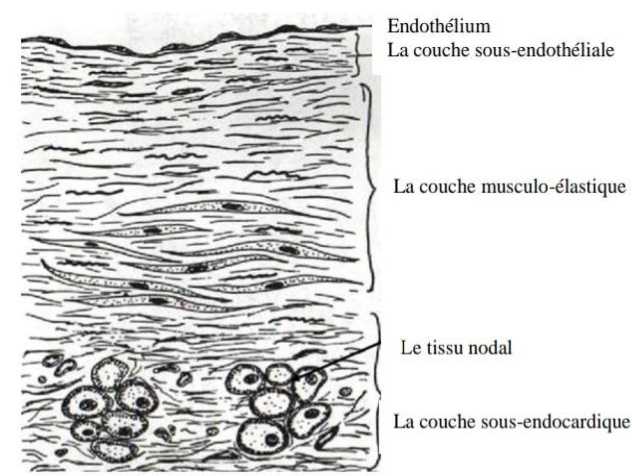
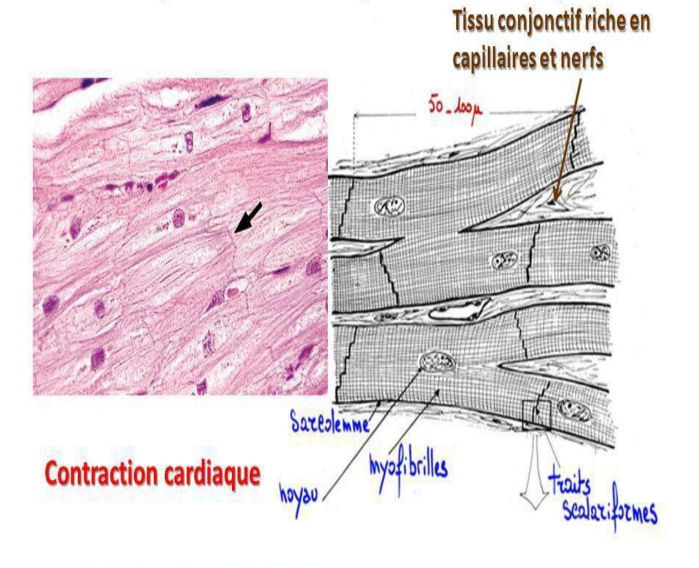


Schéma en microscopie optique de l'endocarde

Myocarde

Travées de cellules musculaires cardiaques striées solidarisées par leurs extrémités (traits scalariformes)



LE TISSU NODAL

Le tissu nodal est représenté par:

- 1:nœud sino-auriculaire de Keith et Flack
- 2:nœud atrio-ventriculaire d'Aschoff-Tawara
- 3:faisceau de His
- 4,5,6: Branche droite et gauche du faisceau de His
- 7: Réseau de Purkinje

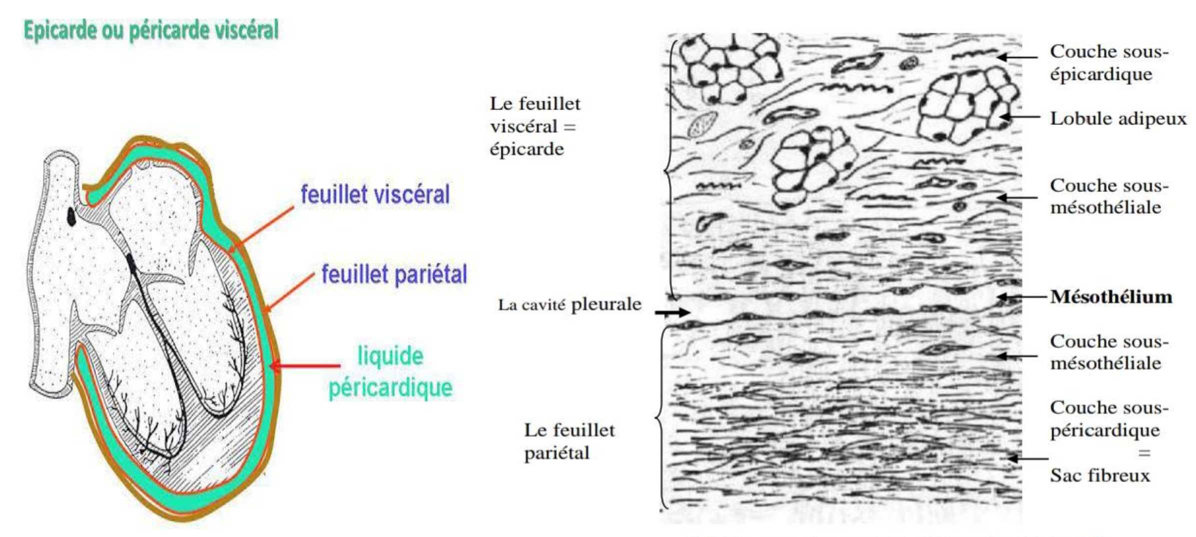
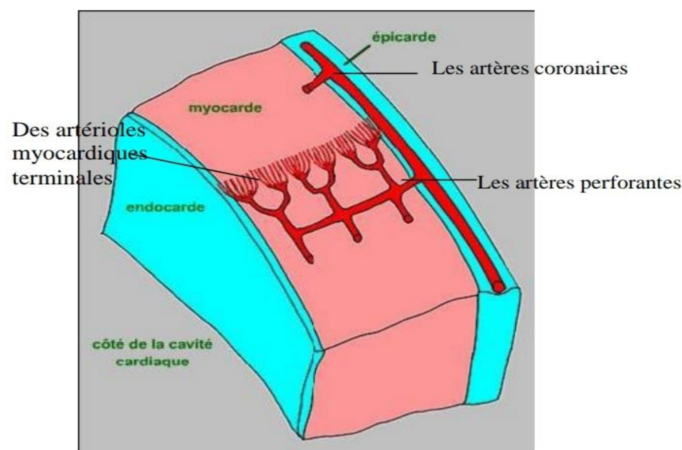


Schéma en microscopie optique du péricarde



La vascularisation de la paroi cardiaque

Artère élastique

endothelium
ell myointimales
LEI
LEE
Vasa vasorum
intima
Fibres élastiques +++
media
adventice
Hemalun-éosine
Orcéine

Coupe transversale d'une artère musculaire

Intima
Média ++
Adventice
endothelium
endartère
limitante élastique interne
fibre musculaire lisse
fibre élastique
limitante élastique externe
vasa vasorum
Fibres nerveuses
adipocytes

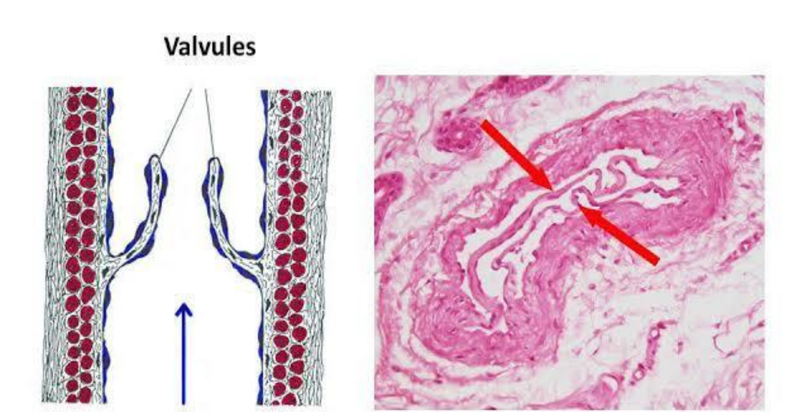
métartériole
sphincters pré-capillaires
anse capillaire
artériole
veinule

Intima
Médi
Adventice
Les fibres myocardiques

Schéma en microscopie optique d'une Veine à musculature cardiaque

Intima
Média
Adventice

Schéma en microscopie optique d'une Veine fibro-élastique



Veines de propulsion (partie inférieure du corps)



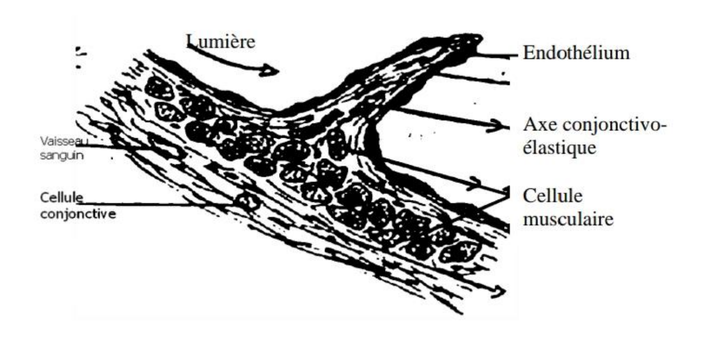
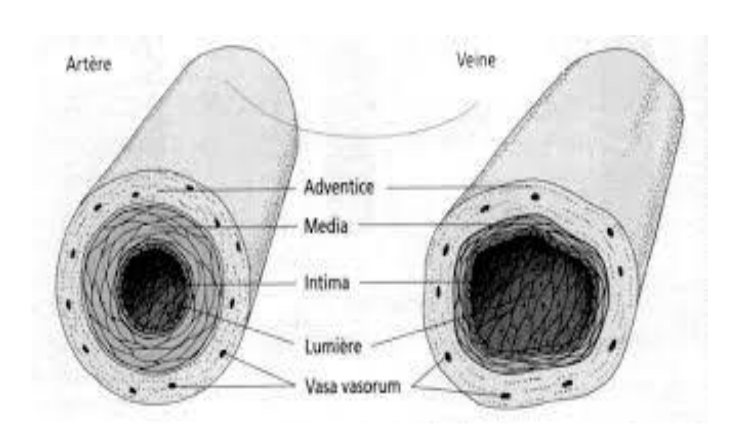
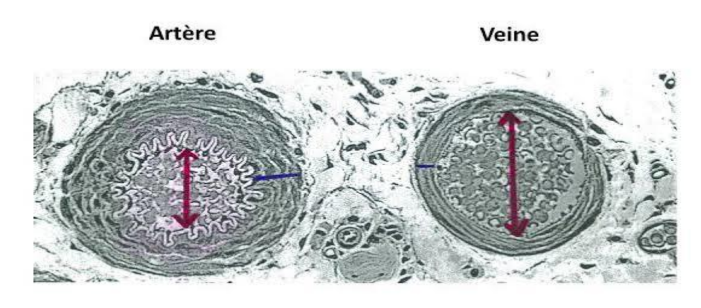


Schéma en microscopie optique de la valvule veineuse



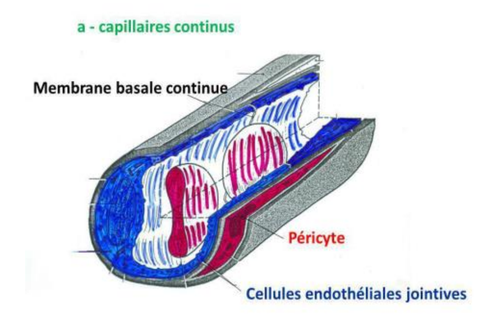
Lumière plus large, paroi plus mince

Artère Veine

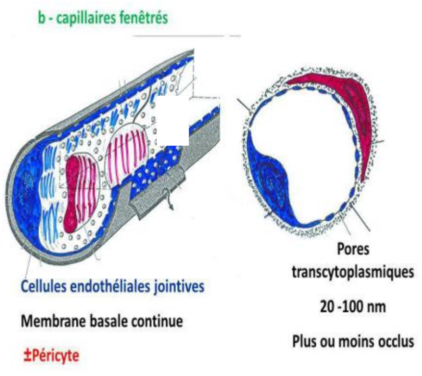


Coupe transversale

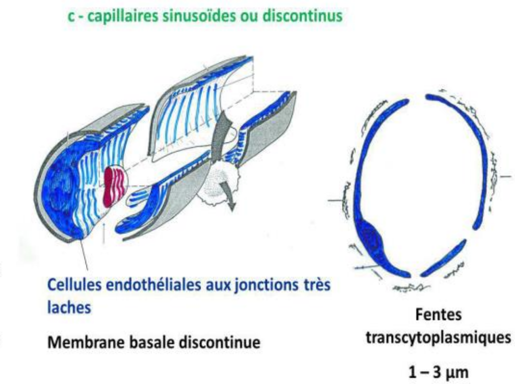
a - capillaires continus

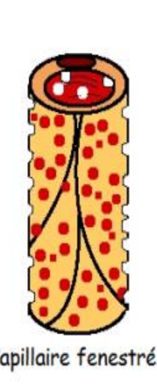
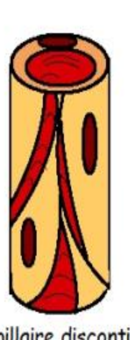


b - capillaires fenêtrés



c - capillaires sinusoïdes ou discontinus



Capillaire continu Capillaire fenestré Capillaire discontinu ou sinusoïde

